

 FH München FB 03 Maschinenbau	Diplomprüfung Elektronik WS 2004/2005 Dienstag, 1.2.2005	Prof. Dr. Höcht Prof. Dr. Kortstock
Zugelassene Hilfsmittel: Alle eigenen Dauer der Prüfung: 90 Minuten	Name: _____ Vorname: _____ Sem.: _____ Unterschrift: _____ Hörsaal: _____ Platz-Nr.: _____	

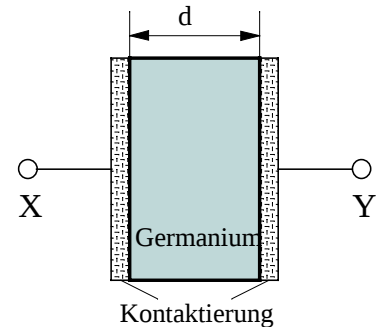
1 Homogene Halbleiter

Ein Germanium-Halbleiterplättchen ist auf beiden Seiten mit einer Metallelektrode kontaktiert. Es ist folgendermaßen dotiert:

$N_A = 10^{16} / \text{cm}^3$, $N_D = 8 \cdot 10^{15} / \text{cm}^3$. Die geometrischen Abmessungen des Germaniumplättchens betragen: $d = 1.0 \text{ mm}$, Fläche $A = 1.0 \text{ mm}^2$.

Weiter sind bekannt: $n_i = 2.3 \cdot 10^{13} / \text{cm}^3$, $\mu_n = 3900 \text{ cm}^2 / \text{Vs}$,

$\mu_p = 1900 \text{ cm}^2 / \text{Vs}$, Elementarladung $e = 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ As}$.



- 1.1 Um welchen Halbleitertyp handelt es sich? Begründen Sie Ihre Antwort! (1P)

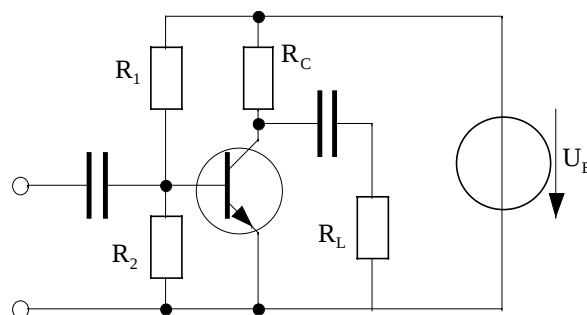
- 1.2 Bestimmen Sie die Majoritätsträgerdichte und die Minoritätsträgerdichte (3P)

- 1.3 Wie groß ist der Widerstand R zwischen den Klemmen X und Y (Widerstand der Zuleitung und der Kontaktierung vernachlässigbar)? (4P)

2 Transistorverstärker

Ein Transistor soll bei einer Betriebsspannung von $U_B = 12.0V$ in der nebenstehenden Verstärkerschaltung betrieben werden. Aus dem Datenblatt sind folgende Werte bekannt:

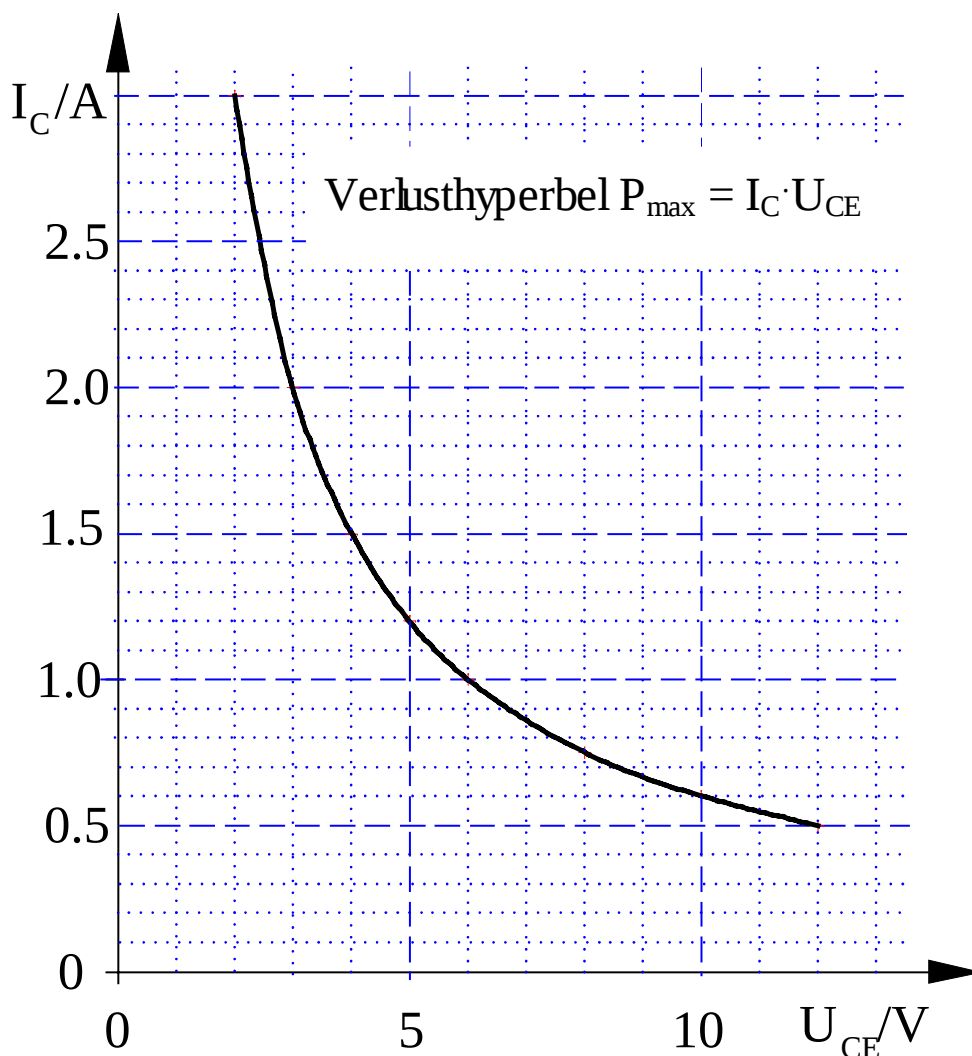
Maximale Verlustleistung	$P_{\max} = 6.0W$
Gleichstromverstärkung	$B = 120$
Wechselstromverstärkung	$\beta = 80$
Differentieller Basiswiderstand	$r_{BE} = 2.5\Omega$
Basis-Emitter-Schleusenspannung	$U_S = 0.640V$



- 2.1 Dimensionieren Sie den Kollektorwiderstand R_C so, daß er im Arbeitspunkt (bei $U_B/2$) eine Leistung von $P = 4.8W$ aufnimmt. (3P)

2.2 Gleichstrom-Arbeitsgerade

Zeichnen Sie in das nebenstehende Diagramm die Gleichstromarbeitsgerade $I_C = I_C(U_{CE})$ ein. Markieren Sie den Arbeitspunkt und geben Sie $U_{CE_{AP}}$ und $I_{C_{AP}}$ an. (5P)



2.3 Eingangskreis des Transistorverstärkers

2.3.1 Zeichnen Sie das lineare Ersatzschaltbild der Basis-Emitterdiode und tragen Sie alle Größen ein. Berechnen Sie die nötige Basis-Emitterspannung U_{BE} zur Einstellung des gewählten Arbeitspunktes. (4P)

2.3.2 Dimensionieren Sie den Spannungsteiler aus R_1 und R_2 so, daß der Strom, der durch R_2 fließt, 15 mal so groß ist wie der Basisstrom. (3P)

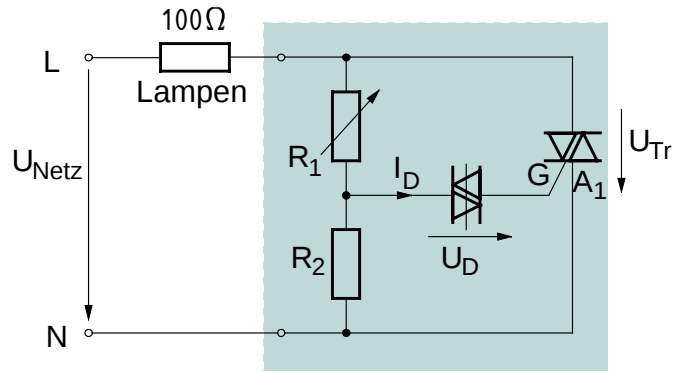
2.4 Berechnen Sie die Wechselspannungsverstärkung für den Fall, daß **kein Lastwiderstand** R_L vorhanden ist. (1P)

2.5 Wechselstrom-Arbeitsgerade

Ergänzen Sie das Diagramm $I_C = I_C(U_{CE})$ auf Seite 2 durch eine Wechselstromarbeitsgerade so, daß die maximale Verlustleistung des Transistors gerade nicht überschritten wird und ermitteln Sie daraus den minimalen Lastwiderstand R_L . (5P)

3 Dimmerschaltung mit einem Triac

Eine Dimmerschaltung (dunkel markiert), wie sie im Haus zur Helligkeitseinstellung der Beleuchtung verwendet wird, soll eine ohmsche Last (= Glühlampen) schalten. In einem ersten Entwurfsschritt sollen Sie die Schaltung mit Hilfe eines einfachen Spannungsteilers so dimensionieren, daß Stromflußwinkel von ca. 0° bis 90° einstellbar sind.

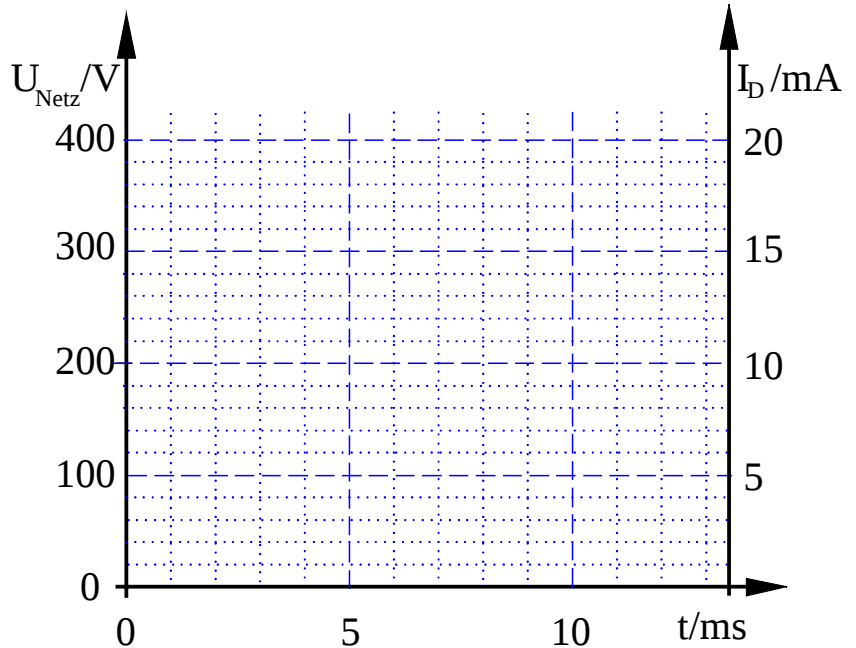


3.1 Vorbereitende Überlegungen

3.1.1 Wie groß ist die Scheitelspannung $\hat{u}_{\text{Netz}}$, wenn der Effektivwert der Netzspannung $U_{\text{Netz,eff}} = 230\text{V}$ beträgt? (1P)

$$\hat{u}_{\text{Netz}} =$$

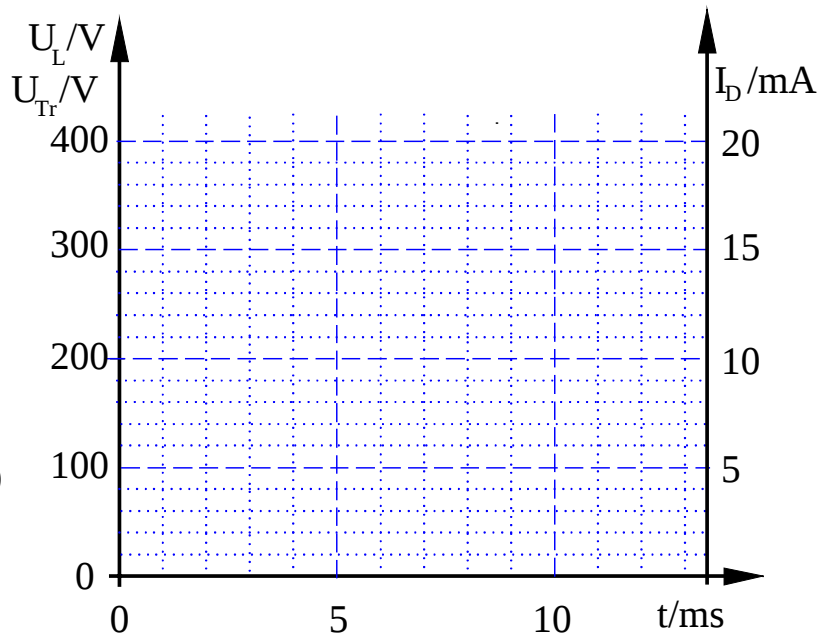
3.1.3 Zeichnen Sie den sinusförmigen Spannungsverlauf für die positive Halbschwingung der Netzspannung möglichst genau in das nebenstehende Diagramm. (1P)



3.1.3 Der variable Widerstand sei auf $R_1 = 32.5\text{k}\Omega$ eingestellt. Nehmen Sie an, der Diac und die Anschlüsse G-A₁ des Triac seien durch einen Kurzschlußbügel überbrückt. Zeichnen Sie in dasselbe Diagramm unter diesen Annahmen den Strom I_D möglichst genau ein. (3P)

3.2 Spannungsverlauf am Triac und an den Lampen (Diagramm →)

Nun werden die Kurzschlußbügel entfernt. Der Diac habe eine Kippspannung $U_{D_k} = 20\text{V}$. Die Spannung am Triac zwischen Gate G und Anode A₁ sei vernachlässigbar ($\approx 0\text{V}$). Der Widerstand R_2 des Spannungsteilers sei so eingestellt, daß der Diac nach 2ms in den leitenden Zustand ($I_D \neq 0$, $U_D = 0$) kippt. Der Triac werde schlagartig 1ms nach Einsetzen des Zündstroms ($I_D \neq 0$) durch den Diac in das Gate G des Triac leitend (Spannung U_{Tr} am Triac wird zu Null).



3.2.1 Zeichnen Sie (mit Hilfe von 3.1) in das untere Diagramm den Verlauf des Zündstroms I_D , den Verlauf der Spannung U_L an den Lampen und die Spannung U_{Tr} am Triac ein. (6P)

3.2.2 Wie groß muß der untere Widerstand R_2 des Spannungsteilers sein, damit bei $R_1 = 32.5\text{k}\Omega$ der Zündwinkel gerade 90° beträgt (also der Triac bei 5ms zündet)? (3P)

3.2.3 Durch welche Änderung der Schaltung lassen sich Zündwinkel bis in die Nähe von 180° erreichen? (2P)

4 Schaltungen mit Operationsverstärker

(Hinweis: die Teilaufgaben 4.1 bis 4.3 können weitgehend unabhängig voneinander bearbeitet werden)

Mehrere Operationsverstärker (OV) werden mit einer Betriebsspannung derart versorgt, daß sie als größte positive Spannung 10.0V und als größte negative Spannung -10.0V abgeben können.

4.1 Schmitt-Trigger (Komparator mit Hysterese)

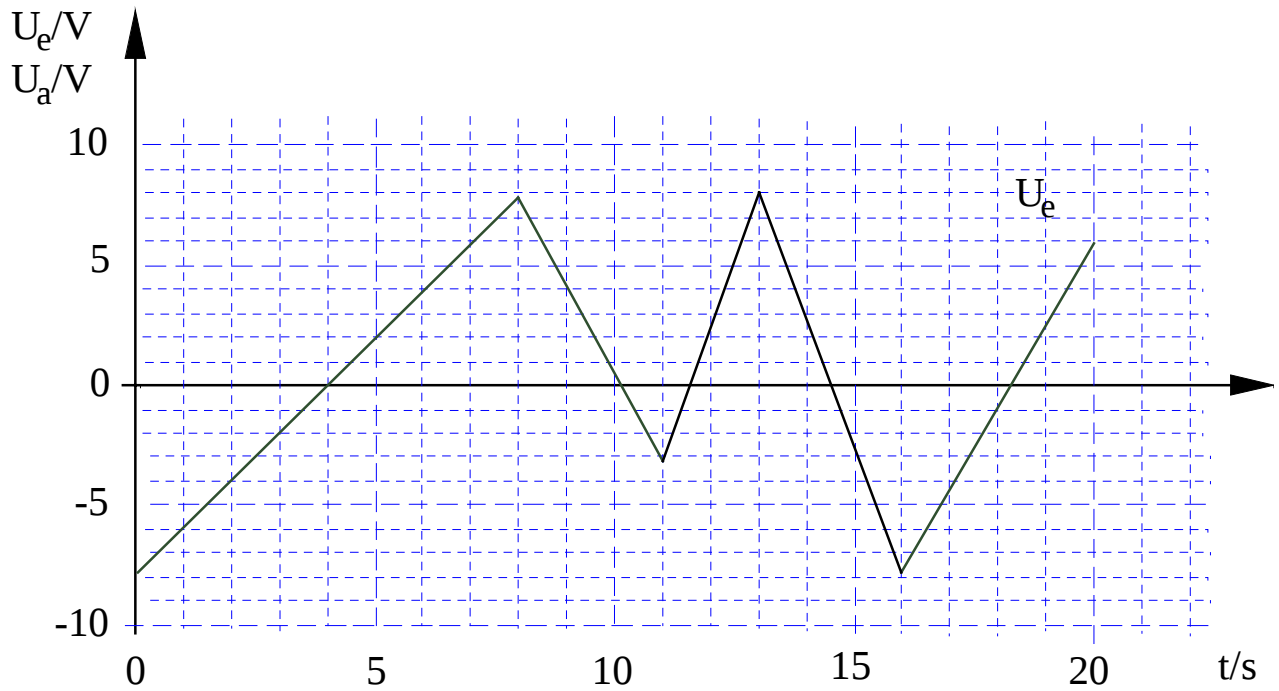
Einer der Operationsverstärker werde so beschaltet, daß er als Schmitt-Trigger mit den Schaltschwellen $U_{eS} = \pm 4.0\text{V}$ wirkt.

4.1.1 Zeichnen Sie das Schaltbild (ohne Stromversorgung) mit U_{eTr} als Eingangssignal und U_{aTr} als Ausgangssignal. Dimensionieren Sie die nötigen Schaltelemente so, daß der Ausgang des OV mit 1.0mA belastet wird. (4P)

Schaltplan:

Berechnung:

4.1.2 Das Eingangssignal $U_{e_{Tr}}$ hat den folgenden zeitlichen Verlauf:

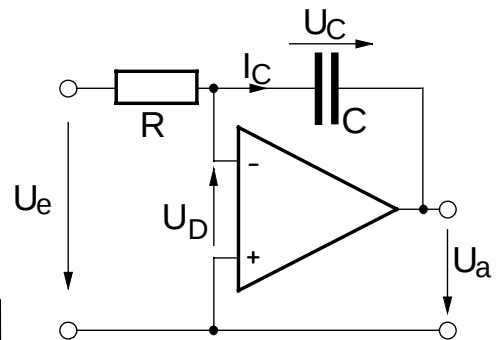


Zeichnen Sie das zugehörige Ausgangssignal $U_{a_{Tr}}$ des Schmitt-Triggers in das Diagramm ein. (4P)

4.2 Integrator

Gegeben sei die nebenstehende Integratorschaltung mit der Kapazität $C = 5.0 \mu\text{F}$.

4.2.1 Wie groß muß der Strom I_C sein, damit sich die Spannung am Kondensator in 1s um 2V ändert? (3P)



4.2.2 Dimensionieren Sie R so, daß dieser Strom I_C bei einer Eingangsspannung $U_e = 10.0\text{V}$ fließt. (2P)

4.3 Invertierender OV

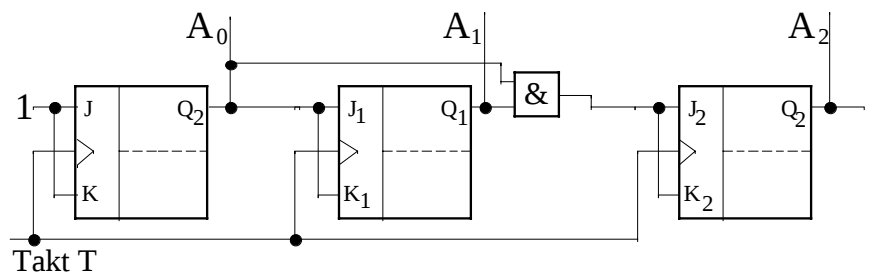
Dem Integrator soll ein invertierender Verstärker („Inverter“) mit $v = -1$ nachgeschaltet werden. Zeichnen Sie das Schaltbild dieses Verstärkers (Eingangsspannung U_{eI} , Ausgangsspannung U_{aI}) und berechnen Sie die nötigen Schaltelemente so, daß die Schaltung einen Eingangswiderstand von $20\text{k}\Omega$ aufweist. (3P)

Schaltbild:

Daten der Schaltelemente:

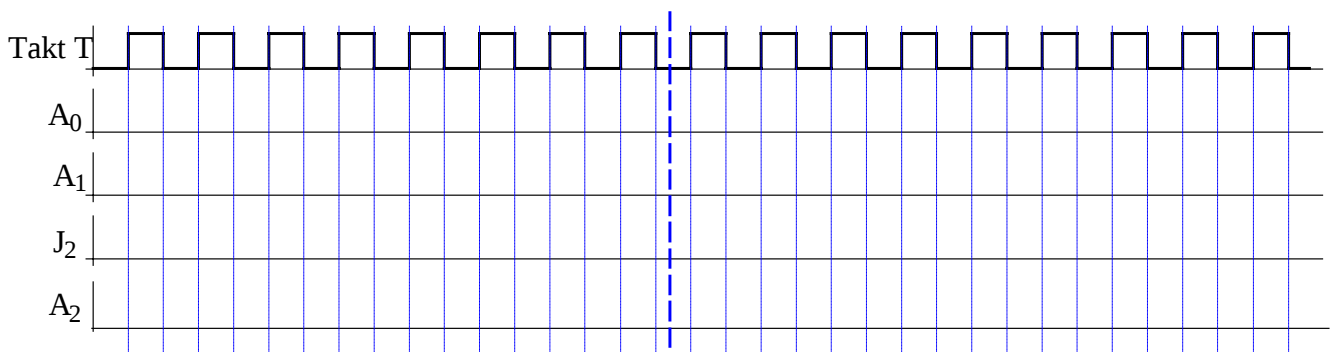
5 Digitaltechnik

Gegeben sei die nebenstehende Schaltung aus drei positiv flankengetriggerten jk-Master-Slave-Flip-Flops und einem UND-Gatter.



5.1 Impuls-Zeit-Diagramm

Zeichnen Sie in das untenstehende Impuls-Zeit-Diagramm den Verlauf der Signale A_0 , A_1 , J_2 und A_2 wenigstens bis zur vertikalen Markierung. Welche Funktion erfüllt diese Schaltung und wodurch unterscheidet sie sich von Schaltungen mit gleicher Funktion, die Sie im Praktikum kennengelernt haben? (5P)



Funktion der Schaltung:

Unterschied zu Schaltungen im Praktikum mit gleicher Funktion:

Viel Erfolg